

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПРУТКОВ ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Zr

Беспалов В.М., Трифоненков А.Л., Шадрин Л.С.

*Научные руководители – д-р. техн. наук, профессор Сидельников С.Б.,
к-т. техн. наук, доцент Лопатина Е.С.*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,
e-mail – sbs270359@yandex.ru

Основными методами получения деформированных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов являются методы непрерывного литья-прокатки с использованием литейно-прокатных агрегатов (ЛПА) и методы совмещенной обработки с использованием операций непрерывного литья, прокатки и прессования. Существующие литейно-прокатные комплексы не обладают всем необходимым оборудованием для получения годной продукции из алюминиевых сплавов с повышенными прочностными характеристиками в виде катанки с заданными свойствами и надежно повторяемым качеством. Поэтому при разработке технологии получения деформированных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов с переходными металлами, обладающих комплексом новых физических свойств, целесообразно использование высокопроизводительных и энергосберегающих методов совмещенной обработки. Проведенные исследования были направлены на изучение влияния особенностей технологии получения длинномерных деформированных полуфабрикатов с применением этих методов на механические свойства образцов из сплавов системы Al-Zr, в которых в качестве основного легирующего элемента был выбран цирконий с содержанием его в сплаве в количестве 0,1 - 0,3 масс. %.

Исследования проведены в рамках договора №13.G25.31.0083 с Министерством образования и науки России по выполнению комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства электротехнической катанки.

Деформированные полуфабрикаты в виде прутков диаметром 9 мм получали по следующим технологическим схемам: горячая сортовая прокатки (ГСП) из литой заготовки размерами 14x14 мм; совмещенная прокатка-прессование (СПП+ЭМК) из литой заготовки диаметром 15 мм, полученной с использованием электромагнитного кристаллизатора; совмещенная прокатка-прессование (СПП) литой заготовки размерами 14x14мм; совмещенное литье и прокатка-прессование (СЛИПП).

Сортовую прокатку проводили на сортопрокатном стане AMBIFILO VELOCE ROSEN с диаметром валков 130 мм, при этом литую заготовку нагревали в электрической печи до температуры 550⁰С, прокатывали в калибрах, и получали прутки диаметром 9 мм.

Совмещенную прокатку-прессование осуществляли на экспериментальной установке совмещенной обработки, смонтированной на базе прокатного стана дуо 200 с диаметром валков 200 мм. При этом в первом случае использовали литые заготовки, полученные в ЭМК, а во втором заготовки, отлитые в изложницу. В соответствии с технологией обработки заготовки нагревали в электрической камерной печи до температуры 550°C и задавали их в калибр валков экспериментальной установки. К валкам с помощью гидроцилиндра была поджата матрица с калибрующим отверстием диаметром 9 мм, поэтому в качестве готового изделия получали прутки круглого сечения указанного размера.

Технологию совмещенного литья и прокатки-прессования реализовали на той же экспериментальной установке, однако в валки в этом случае заливали расплав металла, который последовательно кристаллизовался в калибре вращающихся валков, обжимался ими и выдавливался через матрицу в виде прутка диаметром 9 мм.

Для исследования технологичности обработки полученных прутков проводили волочение на цепном стане без промежуточных отжигов и получали проволоку диаметром 2 мм. Далее производили отжиг проволоки сначала при температуре 300°C , а затем при температуре 450°C при фиксированном времени выдержки.

Для исследований механических свойств деформируемых полуфабрикатов использовали универсальную электромеханическую машину LFM 400 усилием 400 кН. Свойства литых, деформированных и отожженных полуфабрикатов приведены в табл. 1., а микроструктура прутков – на рис. 1.

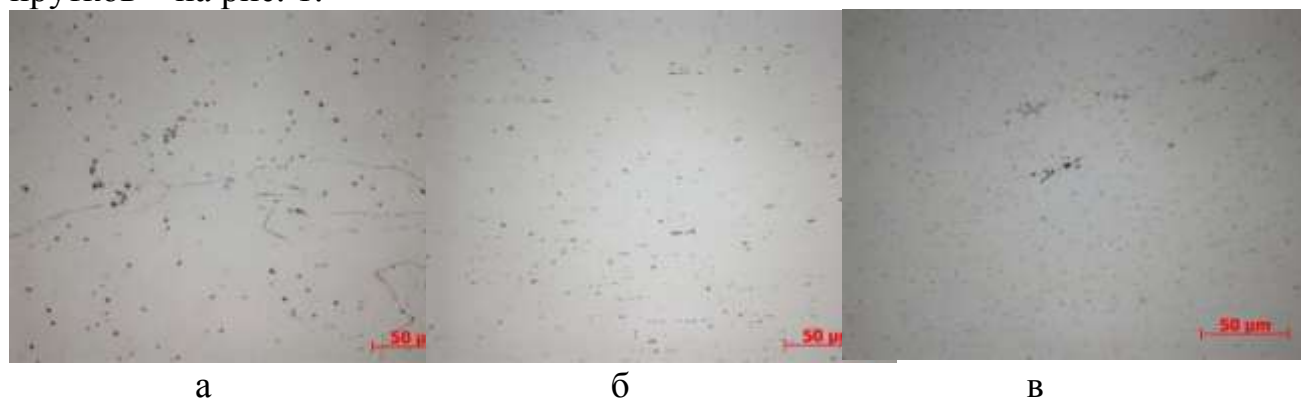


Рис.1 - Микроструктура прутков из экспериментального сплава системы Al-Zr, полученных методом ГСП (а), СПП (б), СЛИПП (в), (x500)

Металлографический анализ деформированных полуфабрикатов в виде прутков для технологий ГСП (рис. 1, а) и СПП (рис. 1, б) показал, что микроструктура всех образцов состоит из α -твердого раствора и дисперсных частиц фаз AlFe , AlFeSi и Al_3Zr . При деформации прутков форма и размеры интерметаллидных фаз Al_3Zr существенно не изменились по сравнению со строением включений в слитках. В доле сечении

прутка наблюдается ориентированность частиц железосодержащих фаз и включений Al_3Zr в направлении оси деформации.

Таблица 1 – Механические свойства полуфабрикатов из сплава Al-Zr

№	Метод	Механические свойства прутка диаметром 9 мм и литой заготовки		Механические свойства проволоки диаметром 2 мм в деформированном и отожженном состоянии	
		σ_b , МПа	δ , %	σ_b , МПа	δ , %
1	ГСП	<u>104,9</u> 68,1	<u>18,8</u> 34,3	<u>182,9</u> 66,7	<u>2,3</u> 21,0
2	ГСП	<u>105,0</u> 64,1	<u>17,3</u> 42,2	<u>186,0</u> 67,4	<u>1,7</u> 40,0
3	ГСП	<u>101,4</u> 61,3	<u>18,6</u> 21,7	<u>180,8</u> 64,6	<u>2,0</u> 33,1
9	СПП	<u>127,5</u> 68,1	<u>18,4</u> 34,3	<u>227,0</u> 70,0	<u>2,0</u> 26,0
10	СПП	<u>117,7</u> 64,1	<u>21,5</u> 42,2	<u>219,5</u> 72,6	<u>1,3</u> 29,0
11	СПП	<u>116,6</u> 61,3	<u>22,0</u> 21,7	<u>228,6</u> 76,4	<u>2,2</u> 31,0
12	СПП+ ЭМК	<u>135,5</u> 110,5	<u>20,4</u> 39,4	<u>215,3</u> 73,2	<u>3,5</u> 38,2
13	СЛИПП	121,1	21,1	<u>193,8</u> 72,9	<u>3,0</u> 36,0
14	СЛИПП	105,8	28,8	<u>212,4</u> 80,2	<u>3,0</u> 34,0

Структура всех образцов прутков, полученных по методу СЛИПП, характеризуется неоднородным распределением фаз по сечению алюминиевого твердого раствора (рис. 1, в). В отличие от прутков, полученных методом СПП, здесь наблюдаются более грубые скопления железосодержащих частиц и алюминидов циркония. Кроме того, в прутках обнаружены мелкие частицы Al_3Zr , чего не наблюдалось в слитках и деформированных заготовках данной плавки, полученных другими методами. Частицы алюминидов вытянуты вдоль направления деформации.

Таким образом, микроструктура полуфабрикатов, полученных по технологии совмещенной прокатки - прессования и последующего волочения, зависит от качества слитка и метода его получения. Если исходная структура слитка не содержит интерметаллидных частиц Al_3Zr , то и в деформированном состоянии их не наблюдается. Использование электромагнитного кристаллизатора позволяет уменьшить величину зерна и позволяет получить более высокие прочностные и пластические характеристики (см. табл. 1). Применение метода СЛИПП, несмотря на неоднородное распределением фаз по сечению алюминиевого твердого раствора, дает возможность получить достаточно хорошее сочетание прочностных, пластических и электрофизических характеристик.